

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
3. Juni 2004 (03.06.2004)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/045934 A2**

(51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: **B60T 8/44**,  
8/36, 13/14

[DE/DE]; Joh. Pinzier-Str.7, 35083 Wetter (DE). **WOY-  
WOD, Jürgen** [DE/DE]; Liebknechtstr. 10, 64546  
Mörfelden (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/050827

(74) **Gemeinsamer Vertreter: CONTINENTAL TEVES AG  
& CO. OHG**; Guerickestrasse 7, 60488 Frankfurt am Main  
(DE).

(22) Internationales Anmeldedatum:  
13. November 2003 (13.11.2003)

(81) **Bestimmungsstaaten (national):** DE, JP, US.

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(84) **Bestimmungsstaaten (regional):** ARIPO-Patent (BW,  
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SI, SZ, TZ, UG, ZM,  
ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,  
TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ,  
DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC,  
NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF,  
CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD,  
TG).

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) **Angaben zur Priorität:**  
102 53 530.2 16. November 2002 (16.11.2002) DE

**Veröffentlicht:**

— *ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu ver-  
öffentlichen nach Erhalt des Berichts*

(71) **Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme  
von US): CONTINENTAL TEVES AG & CO. OHG**  
[DE/DE]; Guerickestrasse 7, 60488 Frankfurt am Main  
(DE).

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-  
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-  
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der  
PCT-Gazette verwiesen.

(72) **Erfinder; und**

(75) **Erfinder/Anmelder (nur für US): BECK, Erhard**  
[DE/DE]; Adolfstrasse 14, 35781 Weilburg (DE).  
**BURKHARD, Dieter** [DE/DE]; Im Schiessgraben  
20, 55411 Bingen-Büdelheim (DE). **GRONAU, Ralph**

(54) **Title:** METHOD FOR OPERATING A HYDRAULIC VEHICLE-BRAKING SYSTEM

(54) **Bezeichnung:** VERFAHREN ZUM BETRIEB EINER HYDRAULISCHEN FAHRZEUGBREMSANLAGE

(57) **Abstract:** The invention relates to a method for operating a hydraulic vehicle-braking system. Said method is characterised in that a hydraulic pressure is fed directly to a brake-master cylinder (11) via a hydraulic booster (7), which is connected upstream of said cylinder, and that the hydraulic pressure is regulated in accordance with a variable that represents the braking request of the driver. To achieve the latter, the pressure in the hydraulic booster (7) that is located upstream of the brake-master cylinder is regulated by controlling at least two valves (6) that are similar or that operate in a similar manner.

(57) **Zusammenfassung:** Bei einem Verfahren zum Betrieb einer hydraulischen Fahrzeugbremsanlage ist es vorgesehen, dass ein hydraulischer Druck über einen vorgeschalteten hydraulischen Verstärker (7) direkt in einen Hauptbremszylinder (11) eingesteuert wird, und bei dem der hydraulische Druck nach Massgabe einer den Fahrerbremswunsch repräsentierenden Grösse geregelt wird, in dem der Druck in dem vorgeschalteten hydraulischen Verstärker (7) durch Ansteuerung von mindestens zwei analogen bzw. analogisierten Ventils (6) geregelt wird. Die Erfindung betrifft

WO 2004/045934 A2

Continental Teves AG & Co. oHG

28. Oktober 2003

GP/HB

P 10569

E. Beck

D. Burkhard

R. Gronau

J. Woywod

**Verfahren zum Betrieb einer hydraulischen  
Fahrzeugbremsanlage**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer hydraulischen Fahrzeugbremsanlage, bei dem ein hydraulischer Druck mittels eines hydraulischen Verstärkers eingesteuert wird.

Im Zuge neuer Motorentechnik, wie z.B. Diesel oder Benzin-Direkteinspritzer, ist eine hinreichende Unterdruckversorgung zur Bremskraftunterstützung immer seltener gegeben. Dies erfordert Bremsanlagen mit einer aktiven hydraulischen Bremskraftunterstützung oder mit einer zusätzlichen Vakuumpumpe zum Betrieb eines Vakuumbremskraftverstärkers.

Systeme mit einem Vakuumbremskraftverstärker (Booster) und mit zusätzlicher, aktiver hydraulischer Bremskraftunterstützung, die den Fahrer mittels einer ansteuerbaren Hydraulikpumpe, z.B. der ABS-Rückförderpumpe, bei der Bremspedal-Betätigung zusätzlich unterstützen, sind

- 2 -

bekannt. Diese Systeme erhöhen den Aussteuerpunkt eines Vakuumbremskraftverstärker, ohne ihn zu ersetzen. Sie können aber im Komfortbereich zu Nachteilen führen. In manchen Situationen kann sich ein Pedalgefühl einstellen, welches negativ von einer „gewohnten“ Vakuumbremskraftverstärker-Unterstützung abweicht.

Ferner sind Verfahren bekannt, bei denen ein Bremsdruck durch elektronische Ansteuerung einer Fremddruckquelle erzeugt wird, wobei das Bremspedal von dem hydraulischen Bremssystem im Normalbremsfall entkoppelt ist (Brake-by-wire-Systeme). Diese System benötigen einen hohen technischen Aufwand, damit auch in einem Fehlerfall eine hinreichende Bremsleistung realisiert werden kann.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Regelung eines hydraulischen Verstärkers mit geringem technischen Aufwand zu schaffen, die eine sichere und komfortable hydraulische Bremskraftunterstützung ermöglicht.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Bevorzugte Ausgestaltungen sind in den Unteransprüchen angegeben.

Die Aufgabe wird demnach dadurch gelöst, dass der hydraulische Druck über einen vorgeschalteten hydraulischen Verstärker direkt in einen Hauptbremszylinder eingesteuert wird, und dass der hydraulische Druck nach Maßgabe einer den Fahrerbremswunsch repräsentierenden Größe geregelt wird, in dem der Druck in dem vorgeschalteten hydraulischen Verstärker durch Ansteuerung von mindestens zwei analogen bzw. analogisierten Ventilen geregelt wird.

- 3 -

Ein analoges bzw. analogisiertes Ventil kann mittels einer elektrischen bzw. elektronischen Fremdansteuerung alle Stellungen zwischen „AUF“ und „ZU“ einnehmen, so dass der Bremsdruck für Regel- oder Komfortbremsungen stufenlos erhöht oder vermindert werden kann. Bevorzugt wird das analoge bzw. analogisierte Ventil mit einem Stromwert eingestellt.

Die Hauptbremszylinder ist bevorzugt zweikreisig und insbesondere als Tandem-Hauptzylinder (THZ) ausgebildet.

Es ist nach der Erfindung vorgesehen, dass der hydraulische Druck in dem vorgeschalteten hydraulischen Verstärker durch Ansteuerung eines ersten analogen bzw. analogisierten Ventils, welches das Wegführen einer Druckflüssigkeit vom hydraulischen Verstärker in einen Druckmittelvorratsbehälter regelt, und durch Ansteuerung eines zweiten analogen bzw. analogisierten Ventil, welches das Zuführen der Druckflüssigkeit von einer Fremddruckquelle in den hydraulischen Verstärker regelt, geregelt wird.

Der Druckmittelvorratsbehälter ist bevorzugt drucklos ausgebildet.

Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass der Druck der Fremddruckquelle durch Ansteuerung eines Motors eines Motor-Pumpen-Aggregats erzeugt wird und in einem hydraulischen Hochdruckspeicher gespeichert wird.

- 4 -

Vorzugsweise wird eine schon in einem Bremssystem vorhandene hydraulische Rückförderpumpe bzw. ein Rückförder-Motor-Pumpen-Aggregat eingesetzt.

Nach der Erfindung ist es vorgesehen, dass die analogen bzw. analogisierten Ventile angesteuert werden, zwecks Beaufschlagung eines Verstärkerkolbens des hydraulischen Verstärkers mit einem bestimmten hydraulischen Druck, der über einen mit dem Verstärkerkolben in Kraftabgaberrichtung wirkverbundenen Hauptbremszylinderkolben in die Radbremsen des Fahrzeugs eingesteuert wird.

Es ist nach der Erfindung vorgesehen, dass eine Regelung des Bremsdrucks und/oder der Aufbau eines hydraulischen Drucks in dem Hochdruckspeicher durch Ansteuerung von elektronisch ansteuerbaren Ventilen erfolgt.

Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass durch den Fahrer ein hydraulischer Druck durch eine direkte Wirkverbindung des vorgeschalteten hydraulischen Verstärkers mit einem Bremspedal in die Bremsanlage einbringbar ist.

So kann das System bei einem Ausfall eine Notbremsfunktion sicherstellen.

Nach der Erfindung ist es vorgesehen, dass der Pedalweg eines Bremspedals und/oder eine vom Pedalweg abgeleitete Größe, insbesondere eine Pedalgeschwindigkeit oder -beschleunigung, zur Fahrerbremswunscherkennung verwendet wird. Das bedeutet, es wird der Pedalweg des Bremspedals und/oder eine davon abgeleitete Größe als eine den Fahrerbremswunsch repräsentierende Größe verwendet.

- 5 -

Es ist nach der Erfindung vorgesehen, dass der Druck in dem vorgeschalteten hydraulischen Verstärker auf Grundlage eines gemessenen hydraulischen Drucks in dem Hauptbremszylinder ermittelt oder abgeschätzt wird.

Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass der Druck in dem hydraulischen Hochdruckspeicher durch einen Drucksensor überwacht wird.

Nach der Erfindung ist es vorgesehen, dass zum Laden des hydraulischen Hochdruckspeichers nur ein hydraulisches Ventil geschaltet wird.

Es ist nach der Erfindung vorgesehen, dass der Ladevorgang des hydraulischen Hochdruckspeichers beginnt, bevor ein unterer Schaltepunkt eines Drucksensors am Hochdruckspeicher erreicht wird.

Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass der Ladevorgang des hydraulischen Hochdruckspeichers in Phasen ansteigender und/oder konstanter Motorlast des Antriebsmotors des Fahrzeugs erfolgt.

Nach der Erfindung ist es vorgesehen, dass der Ladevorgang des hydraulischen Hochdruckspeichers bei Bremsenbetätigung und/oder einer Motorlast des Antriebsmotors des Fahrzeugs abgebrochen wird.

Es ist nach der Erfindung vorgesehen, dass der Ladevorgang des hydraulischen Hochdruckspeichers (4) dann erfolgt, wenn die Motorlast des Antriebsmotors des Fahrzeugs gleich Null

(0) oder kleiner 0 ( $<0$ ), d.h. bei einem Antriebsmotor-Schleppbetrieb, ist und/oder wenn eine im wesentlichen konstante Geschwindigkeit des Fahrzeugs vorliegt.

Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass eine zusätzliche Druckerhöhung durch eine Druckerhöhungseinheit, vorzugsweise eine hydraulische Pumpe, dann erfolgt, wenn der Aussteuerpunkt des hydraulischen Verstärkers überschritten wird.

Es ist ferner für bestimmte Anwendungen vorgesehen, dass der Verstärker nur auf eine relativ geringe Verstärkerleistung ausgelegt wird und dass dann eine zusätzliche Druckerhöhung durch eine Druckerhöhungseinheit, vorzugsweise eine hydraulische Pumpe, erfolgt.

Nach der Erfindung ist es vorgesehen, dass als Leitgröße für die zusätzliche Druckerhöhung eine den Fahrerbremswunsch repräsentierende Größe verwendet wird.

Vorzugsweise wird dabei der Pedalweg eines Bremspedals und/oder eine vom Pedalweg abgeleitete Größe, insbesondere eine Pedalgeschwindigkeit oder -beschleunigung, als eine den Fahrerbremswunsch repräsentierende Größe verwendet.

Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass ein Aussteuerpunkt des hydraulischen Verstärkers ermittelt wird auf Grundlage eines Verhältnisses des Drucks in dem hydraulischen Speicher zum Druck im Hauptbremszylinder und eines konstruktiven Verhältnisses der Fläche eines hydraulischen Kolbens im hydraulischen Verstärker zur Fläche eines hydraulischen Kolbens im Hauptbremszylinder.

- 7 -

Nach der Erfindung ist es vorgesehen, dass eine Regelung des Bremsdrucks in den Radbremsen durch Schalten von zwei elektronisch ansteuerbaren Ventilen in einem insbesondere geschlossenen hydraulischem System vorgesehen ist.

Im folgenden wird die Erfindung anhand einer Zeichnung (Fig.) beispielhaft näher beschrieben.

Die Fig. zeigt ein Bremssystem nach der Erfindung.

Der Bremsdruckgeber weist einen hydraulischen Verstärker (7) auf, der als eine Verlängerung der Betätigungseinheit (THZ) 11 mit Behälter 13 ausgebildet ist. Der Verstärkerkolben 41 wird in einem Verstärkergehäuse geführt, wobei sich eine Druckstange 42 des Verstärkerkolbens 41 im Kolben 51 des Druckstangenkreises des THZ 11 abstützt bzw. durch eine entsprechende scheibenartige Vergrößerung des Durchmessers in der THZ-Bohrung geführt wird (nicht dargestellt). Hinter dem in Ruhelage befindlichen Verstärkerkolben 41 mündet eine Regelleitung 50 in einen Raum 47, der hinter dem Verstärkerkolben 41 liegt. Eine Druckstange 46 des Bremspedals 26 dringt in den Verstärker 7 ein, wodurch eine Notbetätigung des THZ 11 ermöglicht wird, wenn der Verstärker 7 ausfallen sollte. Diese Notbetätigung entspricht der Notbetätigung eines Vakuum-Bremskraftverstärkers.

Das Flächenverhältnis von Verstärkerkolben 41 und THZ-Fläche, ergibt in Verbindung mit dem von einer Hochdruckquelle zur Verfügung gestellten Druck, den mit



- 8 -

Verstärkung zu erreichenden THZ-Druck. Dabei ist es vorgesehen, zur Erreichung des maximal angeforderten Drucks eine entsprechende konstruktive Ausgestaltung der Flächenverhältnisse vorzunehmen und/oder den Hochdruckspeicher für einen entsprechenden maximal zu speichernden Druck auszulegen.

Vorzugsweise wird als Hochdruckquelle ein hydraulischer Hochdruckspeicher eingesetzt, der durch eine hydraulische Pumpe mit unter Druck stehender Bremsflüssigkeit versorgt, d.h. „geladen“. Hierzu wird eine bereits im System vorhandene Rückförderpumpe zum Laden eines Speichers vorteilhaft genutzt.

Das Laden des Speichers nach einer Bremsung erfolgt zum Beispiel bei Erreichen eines hydraulischen Drucks in dem Speicher von kleiner 40 bis 50 bar, was einem Bremsdruck (Aussteuerdruck) von 80 bis 90 bar entspricht. Bis zum Erreichen eines oberen Grenzwerts für den hydraulischen Druck im Speicher von 50 bis 70 bar, entsprechend einem Aussteuerdruck von 100 bis 110 bar, wird eine Ladezeit durch die Pumpe von ca. 2 bis 3,5 sec. benötigt. Wird durch mehrmalige Bremsungen, z.B. einer Anzahl von ca. 15 Bremsungen, der hydraulische Speicher vollständig entleert, dann benötigt die Pumpe ca. 30 bis 40 sec. zum Neubefüllen des hydraulischen Speichers bis auf einen hydraulischen Druck von 50 bis 70 bar. Durch diese Auslegung kann eine hinreichende Versorgung des hydraulischen Bremskraftverstärkers und damit eine Unterstützung der Fahrerfußkraft durch Hilfsenergie gewährleistet werden.

- 9 -

Ferner zeigt die Fig. einen an die Betätigungseinheit 11 angeschlossener Bremskreis (von insgesamt zwei Bremskreisen), der auf zwei Radbremsen 30,31 einwirkt. Der zweite Bremskreis für die beiden anderen Radbremsen ist in Aufbau und Funktion mit dem gezeigten Bremskreis identisch und muss daher nicht näher beschrieben werden.

Die Bremskreise werden von dem Hauptzylinder (THZ) 11 beaufschlagt, der über einen Hydraulikvorrat eines Behälters 13 mit Hydraulikflüssigkeit (Druckflüssigkeit) versorgt wird. Der Hauptzylinder 11 wird über den vorstehend beschriebenen hydraulischen Bremskraftverstärker 7 betätigt. Der von der jeweiligen Steuerung bzw. Regelung einer elektronischen Einheit 28 angeforderte Druck wird über den hydraulischen Verstärker 7 und den Hauptzylinder 11 erzeugt.

Durch ein Betätigungselement (Druckstange, 46) kann der Fahrer aber im Fall einer Störung oder eines Ausfalls des hydraulischen Drucks auf den Kolben 41, diesen auch direkt, d.h. auf mechanischem Weg, betätigen. Somit gewährleistet das System eine Fail-Safe-Funktion mittels direktem hydraulisch-mechanischen Durchgriff.

Die Radbremsen 30, 31 werden durch stromlos offene (SO) Ventile 15.1 und 15.2 direkt aus dem THZ 11 über eine Leitung 14, ein SO-Trennventil 9 und anschließende Leitungen 14.1 und 14.2 mit Druck versorgt, wobei der THZ 11 über den hydraulischen Verstärker 7 betätigt wird, der durch eine Druckquelle 4,19,20 mit hydraulischem Druck beaufschlagbar ist.

- 10 -

Abbau von Bremsdruck wird über eine Rücklaufleitung 17 und stromlos geschlossene (SG) Ventile 16.1 und 16.2, einen Niederdruckspeicher 18 und die Pumpe vorgenommen.

In der Regel wird die Ladung eines Hochdruckspeichers 4 durch das stromlos offene Ventil 2 vollzogen. Dabei wird, wenn der Druck in dem Hochdruckspeicher unter einen vorgegebenen Sollwert, insbesondere unter 50 bar bis 70 bar, fällt, Bremsflüssigkeit vom THZ 11 über das offene Umschaltventil 8 und mittels der mit dem Motor 20 betriebenen Pumpe 19 angesaugt. Über ein an der Druckseite 21 der Pumpe 19 anschließendes Rückschlagventil 23, eine Dämpfungskammer 57, über eine Leitungsverzweigung 22 und eine Leitung 24, in die das Ventil 2 und ein Drucksensor 3 eingefügt sind, wird die Bremsflüssigkeit in den Hochdruckspeicher 4 gepumpt. Der Motor 20 wird dabei solange angesteuert, bis ein vorgegebener Solldruck erreicht wird. Der Druck wird durch einen Druckaufnehmer (Drucksensor 3) gemessen. Beim Befüllen des Hochdruckspeichers 4 (Speicherladen) ist das in einer Leitung 50 zwischen Hochdruckspeicher 4 und Verstärker 7 angeordnete Ventil 5 geschlossen. Die Druckseite der Pumpe ist auch über die Verzeigung 22 und eine daran anschließende Leitung 25, in die ein Ventil 1 eingefügt ist, mit den Radbremsen 30,31 verbunden. Vorzugsweise ist das Ventil 1 stromlos geschlossen (SG-Ventil) und das Ventil 2 stromlos offen (SO-Ventil). Dann sind diese Ventile während des Speicherladens nicht bestromt, wobei vorteilhaft dann nur das Umschaltventil 8 zur Befüllung bestromt werden muss.

- 11 -

Durch das Schalten der Ventile 1 und 2 während einer normalen Bremsdruckregelung, wie im Fall einer ABS- oder ESP-Regelung, ist eine Regelung in einem geschlossenen hydraulischen System möglich. Medientrennung ist damit gewährleistet, was Vorteile bei einem ggf. ausgasendem Hochdruckspeicher bringt. Der Ladedruck des Hochdruckspeichers wird in Abhängigkeit der konstruktiven Auslegung, des Verstärkers und des angestrebten TH-Drucks ausgelegt.

Es ist ebenfalls möglich, das Ventil 1 als SO-Ventil und das Ventil 2 als SG-Ventil auszubilden, wobei dann die Schaltzustände entsprechend umzukehren sind.

Bei hohen Regelfrequenzen mit geringem Volumenbedarf in der Radbremse kann das Ganze oder Teile des abgebauten Volumens zum Laden des Hochdruckspeichers 4 genutzt werden.

Der Ladevorgang wird bevorzugt in Phasen vorgenommen, in denen die Motorlast des Antriebsmotors oder eine die Motorlast repräsentierende Größe, wie die Drosselklappenstellung und/oder Gaspedalstellung, annähernd konstant oder mit einem ansteigenden Gradienten vorliegt. Ein stark abfallender Gradient der Motorlast unterbricht den Ladevorgang. In Phasen von keiner Motorlast (Motorlast = 0) und/oder Bremsenbetätigung wird kein Ladevorgang vorgenommen, bzw. laufende Ladevorgänge werden abgebrochen. In Phasen, in denen ein Motorschleppmoment vorliegt (Motorlast < 0) und/oder eine konstante Fahrzeuggeschwindigkeit detektiert wird, werden Ladevorgänge des Hochdruckspeichers dann zugelassen, wenn keine anderen Regelfunktionen, z.B. ein Bremseneingriff

- 12 -

eines übergeordneten Regelsystems, wie Abstands- und Folgeregelung (ACC-System), im Eingriff sind.

Wenn ein Einbremsen durch den Fahrer erkannt wird, wird der Ladevorgang des Hochdruckspeichers 4 sofort abgebrochen. Die Einbremserkennung erfolgt über einen Pedalwegsensoren 60 oder mittels eines anderen, den Bremswunsch des Fahrers erfassenden Sensors.

Wird ein Bremswunsch durch die Sensorik 60 detektiert, wird das vorzugsweise analog zu betreibende Ventil 5 in Abhängigkeit von Verfahrweg der Druckstange 46 des Bremspedals 24 und/oder der Betätigungsgeschwindigkeit entsprechend geöffnet, so dass Bremsflüssigkeit von dem geladenen Hochdruckspeicher 4 in den hinter dem Verstärkerkolben liegenden Raum 47 strömen kann. Der Aufbau des Druckes im Verstärker 7 wird hierbei über den sich einstellenden Druck im THZ mit einem Drucksensor 10 überwacht. Das heißt, ein bestimmter Weg wird einem bestimmten Druck im THZ zugeordnet und eingeregelt. Dabei fährt der Verstärkerkolben 41 vor der zunehmend in den Verstärkerraum vordringenden Druckstange 46 des Bremspedals 26 her, ohne dass ein Kontakt entsteht bzw. entstehen muss. Vorzugsweise ist es vorgesehen, zwischen der Druckstange 46 und dem Verstärkerkolben 41 ein elastisches Mittel, insbesondere eine Feder vorzusehen, um eine elastische Ankopplung zu erreichen.

Nimmt der Fahrer das Bremspedal zurück, d.h. wird der Weg wieder kleiner, wird das Ventil 5 geschlossen und ein ebenfalls vorzugsweise analog zu betreibende Ventil 6 in einer Leitung 12 zwischen dem Hochdruckspeicher 4 und dem

- 13 -

Behälter 13, entsprechend der Rücknahme des Fahrerwunsches analog geöffnet und die Bremsflüssigkeit kann wieder in den Vorratsbehälter 13 zurückströmen. Durch die vorzugsweise Auslegung des Ventils 6 als SO-Ventil, ist es möglich, bei einem Systemausfall den Verstärker zu betätigen, ohne dass Unterdruck im Verstärker 4 (bzw. im Verstärkerraum 47) entsteht, denn es erfolgt ein Volumenausgleich über das Ventil 6. Der Fahrer muss bei dieser Einbremserkennung nur die Zusatzkraft überwinden, die durch den schon in dem Verstärker 7 eingestellten Druck erzeugt wird. Diese Zusatzkraft ist nur abhängig von der Fläche der Druckstange 46 die in den Verstärker 7 eindringt.

Die erfindungsgemäße Verfahren und die Kombination des hydraulischen Verstärkers und der Hilfsdruckquelle mit Hochdruckspeicher 4 kann so ausgelegt werden, dass der gesamte benötigte Bremsdruck durch den Verstärker erzeugt wird. Dies erhöht aber den benötigten Speicherdruck im Hochdruckspeicher 4.

Eine andere Ausführungsform sieht vor, nur einen reduzierten maximalen Bremsdruck des Verstärkers (Aussteuerdruck) zur Verfügung zu stellen (ähnlich einem Vakuum-Bremskraftverstärker). Dieser deckt dann bereits einen großen Bereich aller Bremsungen ab, z.B. alle „Normalbremsungen“ in einem Bereich von maximal bis zu 60 bis 80 bar resultierendem Bremsdruck, ab. Die Bremsungen, die einen über diesen Aussteuerpunkt liegenden Bremsdruck (ca. 60-80 bar) benötigten Bereich liegen, werden dann durch zusätzlichen Druckaufbau mittels der hydraulischen Pumpe 19 aufgebaut. Dies kann ein „Wegziehen“ des THZ-Kolbens bedingen. Dann wird über die Leitung 50 und Ventil

- 14 -

5 Druckmittel in den Verstärkerraum 47 geleitet und so der Kolben 41 nachgeführt. Diese Ausführungsform ist bevorzugt, da so der Bauraum weiter reduziert wird. Ein weiterer Vorteil ist darin zu sehen, dass dann nur relativ geringe Volumenströme an Bremsflüssigkeit zu bewegen sind, wodurch die Systemdynamik erhöht wird. Dies verringert auch die Ladezeiten des Hochdruckspeichers 4. Durch die zusätzliche hydraulische Unterstützung mittels Pumpe 19 kann das Volumen des Hochdruckspeichers 4 auch auf eine geringere Wiederholhäufigkeit an Bremsungen ausgelegt werden. Das bedeutet es kann die Anzahl möglicher Bremsungen ohne zwischenzeitliche Aufladung des Hochdruckspeichers verringert werden auf z. B. 2 mal 60 bar bis 90 bar, vorzugsweise ca. 80 bar, THZ-Druck. In den seltenen Fällen einer darüber hinausgehenden Druckanforderung kann dann mittels Pumpe 19 ein entsprechender Bremsdruck erzeugt werden.

Bei der oben beschriebenen Ausführungsform wird für die Leitgröße für die zusätzliche Verstärkung nicht mehr der THZ, sondern bevorzugt der Pedalweg und/oder dessen Ableitung zur Fahrerwunscherkennung eingesetzt. Um den Aussteuerpunkt bzw. dessen Erreichen festzustellen, ist es vorgesehen, dass der Aussteuerpunkt durch das Verhältnis von Speicherdruck zu THZ-Druck und dem Verhältnis von Verstärkerkolbenfläche zu THZ-Kolbenfläche ermittelt wird.

Das beschriebene Verfahren ist vorteilhaft tauglich für elektronische Bremsenregelungssysteme, wie ABS (Antiblockiersystem), EDS (Elektronische Differential Sperre, Antriebsschlupfregelung), ESP (Elektronisches Stabilitäts- Programm), oder HDC (Hill Descent Control,

- 15 -

Bergabfahrtsregelung). Darüber hinaus ist auch ein Einsatz für Systeme mit einer Abstands- und Folgeregelung (ACC, Adaptive Cruise Control) möglich, da ein automatischer Druckausgleich der Kreise durch den THZ erfolgt.



**Patentansprüche**

1. Verfahren zum Betrieb einer hydraulischen Fahrzeugbremsanlage, bei dem ein hydraulischer Druck mittels eines hydraulischen Verstärkers eingesteuert wird,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass der hydraulische Druck über einen vorgeschalteten hydraulischen Verstärker (7) direkt in einen Hauptbremszylinder (11) eingesteuert wird, und dass der hydraulische Druck nach Maßgabe einer den Fahrerbremswunsch repräsentierenden Größe geregelt wird, in dem der Druck in dem vorgeschalteten hydraulischen Verstärker (7) durch Ansteuerung von mindestens zwei analogen bzw. analogisierten Ventilen (6) geregelt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass der hydraulische Druck in dem vorgeschalteten hydraulischen Verstärker (7) durch Ansteuerung eines ersten analogen bzw. analogisierten Ventils (6), welches das Wegführen einer Druckflüssigkeit vom hydraulischen Verstärker (7) in einen Druckmittelvorratsbehälter (13) regelt, und durch Ansteuerung eines zweiten analogen bzw. analogisierten Ventil (5), welches das Zuführen der Druckflüssigkeit von einer Fremddruckquelle (4, 19, 20) in den hydraulischen Verstärker (7) regelt, geregelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass der Druck der

- 17 -

Fremddruckquelle (4, 19, 20) durch Ansteuerung eines Motors eines Motor-Pumpen-Aggregats (19, 20) erzeugt wird und in einem hydraulischen Hochdruckspeicher (4) gespeichert wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass die analogen bzw. analogisierten Ventile (5, 6) angesteuert werden, zwecks Beaufschlagung eines Verstärkerkolbens (41) des hydraulischen Verstärkers (7) mit einem bestimmten hydraulischen Druck, der über einen mit dem Verstärkerkolben (41) in Kraftabgaberrichtung wirkverbundenen Hauptbremszylinderkolben in die Radbremsen des Fahrzeugs eingesteuert wird.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass eine Regelung des Bremsdrucks und/oder der Aufbau eines hydraulischen Drucks in dem Hochdruckspeicher (4) durch Ansteuerung von elektronisch ansteuerbaren Ventilen (1, 2) erfolgt.
6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass durch den Fahrer ein hydraulischer Druck durch eine direkte Wirkverbindung des vorgeschalteten hydraulischen Verstärkers (7) mit einem Bremspedal in die Bremsanlage einbringbar ist.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass der Pedalweg eines Bremspedals und/oder eine vom Pedalweg abgeleitete Größe, insbesondere eine Pedalgeschwindigkeit oder -

beschleunigung, zur Fahrerbremswunscherkennung verwendet wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass der Druck in dem vorgeschalteten hydraulischen Verstärker (7) auf Grundlage eines gemessenen hydraulischen Drucks in dem Hauptbremszylinder ermittelt oder abgeschätzt wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 8,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass der Druck in dem hydraulischen Hochdruckspeicher (4) durch einen Drucksensor überwacht wird.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 9,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass zum Laden des hydraulischen Hochdruckspeichers (4) nur ein Ventil 55 geschaltet wird.
11. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 10,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass der Ladevorgang des hydraulischen Hochdruckspeichers (4) beginnt, bevor ein unterer Schaltpunkt eines Drucksensors am Hochdruckspeicher erreicht wird.
12. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 11,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass der Ladevorgang des hydraulischen Hochdruckspeichers (4) in Phasen ansteigender und/oder konstanter Motorlast des Antriebsmotors des Fahrzeugs erfolgt.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 12,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass der Ladevorgang des hydraulischen Hochdruckspeichers (4) bei Bremsenbetätigung und/oder einer Motorlast des Antriebsmotors des Fahrzeugs abgebrochen wird.
14. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 13,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass der Ladevorgang des hydraulischen Hochdruckspeichers (4) dann erfolgt, wenn die Motorlast des Antriebsmotors des Fahrzeugs gleich Null (0) oder kleiner 0 ( $<0$ ) (Schleppbetrieb) ist und/oder wenn eine im wesentlichen konstante Geschwindigkeit des Fahrzeugs vorliegt.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 14,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass eine zusätzliche Druckerhöhung durch eine Druckerhöhungseinheit, vorzugsweise eine hydraulische Pumpe, dann erfolgt, wenn der Aussteuerpunkt des hydraulischen Verstärkers überschritten wird.
16. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 15,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass der Verstärker auf eine relativ geringe Verstärkerleistung ausgelegt ist und dass eine zusätzliche Druckerhöhung durch eine Druckerhöhungseinheit, vorzugsweise eine hydraulische Pumpe, erfolgt.
17. Verfahren nach Anspruch 15 oder 16,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass als Leitgröße für die zusätzliche Druckerhöhung eine den Fahrerbremswunsch repräsentierende Größe verwendet wird.

18. Verfahren nach Anspruch 16,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass als eine den  
Fahrerbremswunsch repräsentierenden Größe ein Pedalweg  
eines Bremspedals und/oder eine vom Pedalweg  
abgeleitete Größe, insbesondere eine  
Pedalgeschwindigkeit oder -beschleunigung, verwendet  
wird.
19. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 18,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass ein Aussteuerpunkt des  
hydraulischen Verstärker ermittelt wird auf Grundlage  
eines Verhältnisses des Drucks in dem hydraulischen  
Speicher zum Druck im Hauptbremszylinder und eines  
konstruktiven Verhältnis der Fläche eines hydraulischen  
Kolbens im hydraulischen Verstärker zur Fläche eines  
hydraulischen Kolben im Hauptbremszylinder.
20. Verfahren nach einem der Ansprüche 3 bis 19,  
**dadurch gekennzeichnet**, dass eine Regelung des  
Bremsdrucks in den Radbremsen durch Schalten von zwei  
elektronisch ansteuerbaren Ventilen in einem  
geschlossenen hydraulischem System vorgesehen ist.

### **Zusammenfassung**

#### **Verfahren zum Betrieb einer hydraulischen Fahrzeugbremsanlage**

Bei einem Verfahren zum Betrieb einer hydraulischen Fahrzeugbremsanlage ist es vorgesehen, dass ein hydraulischer Druck über einen vorgeschalteten hydraulischen Verstärker (7) direkt in einen Hauptbremszylinder (11) eingesteuert wird, und bei dem der hydraulische Druck nach Maßgabe einer den Fahrerbremswunsch repräsentierenden Größe geregelt wird, in dem der Druck in dem vorgeschalteten hydraulischen Verstärker (7) durch Ansteuerung von mindestens zwei analogen bzw. analogisierten Ventils (6) geregelt wird. Die Erfindung betrifft

(Fig.)